

УДК 621.833

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДВУХПРОФИЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

д-р техн. наук В.Е. АНТОНЮК

(Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск);

В.Н. РУСЕЦКИЙ

(РУП «Минский автомобильный завод»)

Рассматриваются тенденции совершенствования средств двухпрофильного контроля зубчатых колес. Приведены результаты отечественных разработок и исследования точности зубчатых колес с использованием записи результатов двухпрофильного контроля. Запись результатов двухпрофильного контроля ИМР имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными методами контроля зубчатых колес. Показаны принципиальные положения, которые были положены в основу программного обеспечения контроля измерительного межосевого расстояния при двухпрофильном контроле.

Измерительное межосевое расстояние (ИМР) является наиболее распространенным параметром контроля зубчатых колес в массовых и серийных производствах [1 – 3]. Особенностью контроля ИМР является то, что он позволяет одновременно контролировать нормы кинематической точности, нормы плавности, нормы бокового зазора и оперативно давать максимум информации о точности зубчатого колеса.

Контроль ИМР применяется для контроля цилиндрических, конических и червячных передач, что позволяет считать его универсальным методом контроля зубчатых передач.

Сущность контроля ИМР заключается во вводе в зацепление измеряемого зубчатого колеса с измерительным в беззазорное зацепление с одновременным контактом обеих сторон зуба – двухпрофильное зацепление. При вводе в двухпрофильное зацепление измеряемой и измерительной шестерен они устанавливаются на расчетное измерительное межцентровое расстояние, а затем при их вращении происходит измерение отклонения фактического измерительного межцентрового расстояния от расчетного, которое в обычных приборах контролируется по показаниям индикаторной головки. Однако такой контроль в значительной степени зависит от квалификации и опыта контролера, допускает значительные погрешности, не дает информации о возможных причинах погрешности и не позволяет накапливать информацию о точности изготовленных зубчатых колес.

В последние годы за рубежом появились приборы для контроля с полной записью характера изменения ИМР и программным обеспечением для анализа причин возможных погрешностей.

Фирма FRENCO GmbH предлагает гамму приборов двухпрофильного контроля зубчатых колес вертикального, горизонтального и специального исполнения с записывающими устройствами и программным обеспечением для анализа причин погрешностей.

Программное обеспечение для анализа результатов измерения двухпрофильного контроля позволяет выделять из графика записи результата двухпрофильного контроля в соответствии с DIN 3960 / 3963 следующие погрешности (рис. 1): F_i'' – колебание ИМР за оборот зубчатого колеса; f_r'' – колебание ИМР на одном зубе; F_r'' – радиальное биение зубчатого венца, которое определяется как усредненная линия графика двухпрофильного контроля; E_{as} , E_{ai} – предельные отклонения ИМР.

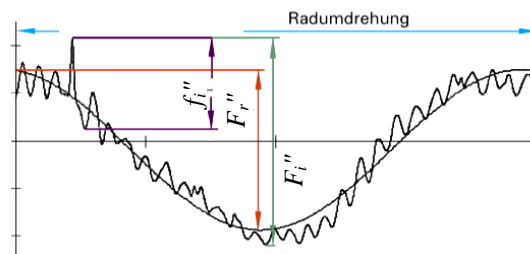


Рис. 1. График обработки результатов измерения зубчатых колес при двухпрофильном контроле на приборе фирмы FRENCO GmbH

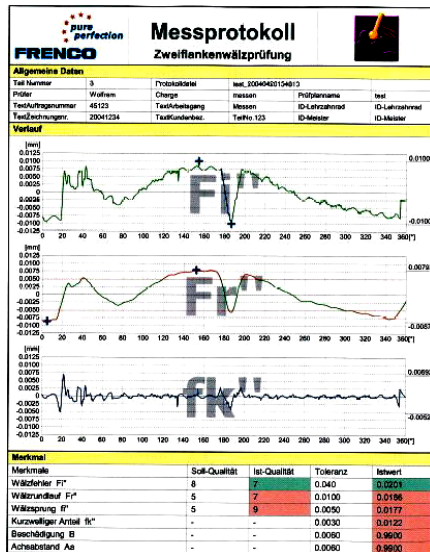
По ГОСТ 1643-81 при контроле ИМР не выделяется параметр F_r'' – радиальное биение зубчатого венца. Кроме того, возможность записи графика двухпрофильного контроля позволяет выделять также такой параметр, как f_k – разность между усредненной линией радиального биения F_r'' и линией двухпрофильного контроля F_i'' , которая дает важную информацию о погрешности профиля и угла исходного контура.

Таким образом, запись результатов двухпрофильного контроля ИМР имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными методами контроля зубчатых колес на межцентромерах по ГОСТ 1643-81.

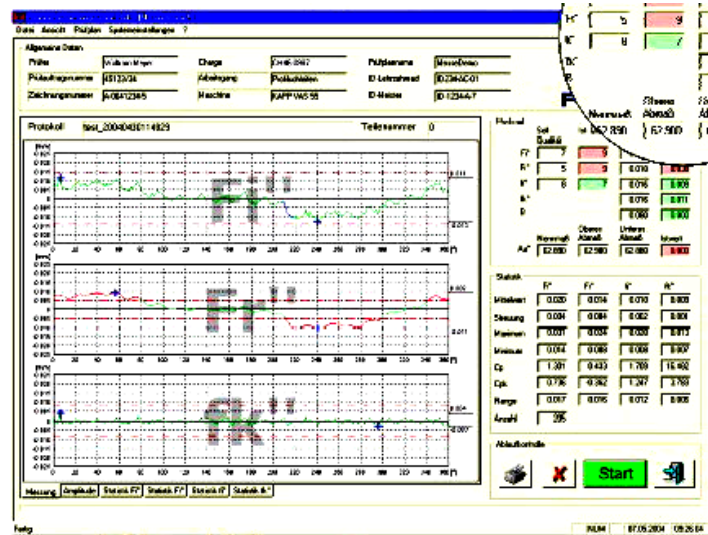
На рисунке 2, а представлен вид протокола измерения зубчатого колеса на приборе фирмы FRENCO GmbH с записью линии двухпрофильного контроля F_i'' , с выделением усредненной линии радиального биения F_r и параметра f_k .

На рисунке 2, б представлен вид статистической обработки результатов измерения линии двухпрофильного контроля F_i'' , усредненной линии радиального биения F_r и параметра f_k .

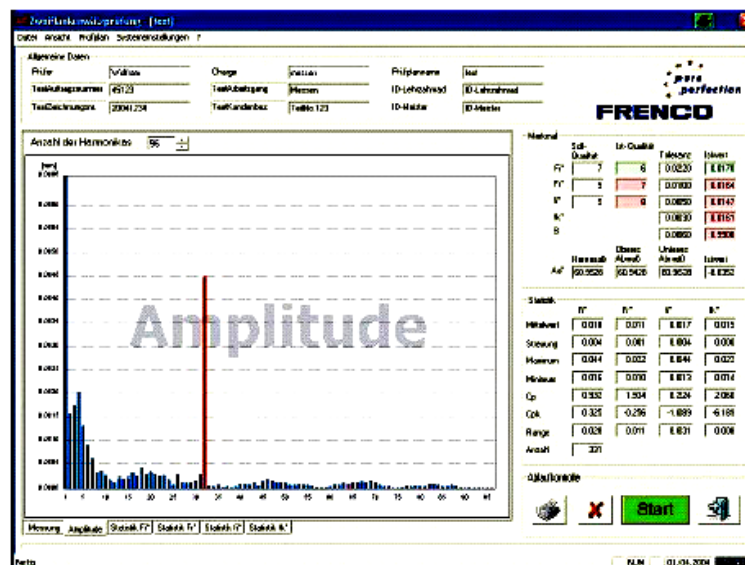
Программное обеспечение обработки линии двухпрофильного контроля F_i'' позволяет выделять частотные составляющие (рис. 2, в), что значительно облегчает выявление возможных причин погрешности измеряемого зубчатого колеса [4].



a)



б)



в)

Рис. 2. Запись результатов двухпрофильного контроля:

а – вид протокола измерения зубчатого колеса на приборе фирмы FRENCO GmbH с записью линии двухпрофильного контроля F_i'' , с выделением усредненной линии радиального биения F_r и параметра f_k ;

б – статистическая обработка результатов измерения линии двухпрофильного контроля F_i'' , усредненной линии радиального биения F_r и параметра f_k ;

в – частотный спектр результатов измерения двухпрофильного контроля F_i''

Фирма Gleason-M&M Precision Systems разработала систему для измерения зубчатых колес в процессе изготовления под названием IPG с использованием двухпрофильного контроля [4].



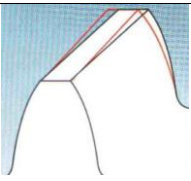
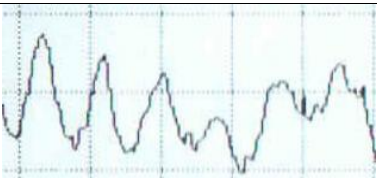
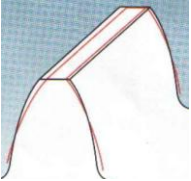
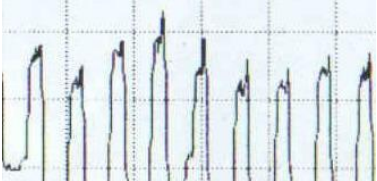
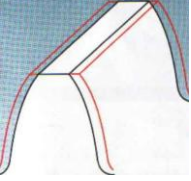
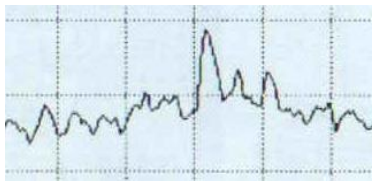
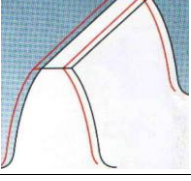
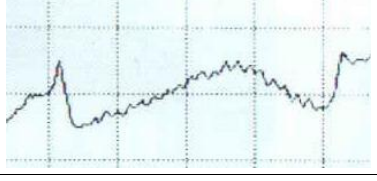
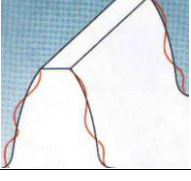

Рис. 3. Прибор для двухпрофильного контроля зубчатых колес модели IPG-150AT фирмы Gleason-M&M

Система для измерения зубчатых колес IPG обеспечивает 100 %-ный контроль зубчатых колес в процессе изготовления и адаптирована к программе WINROLL, созданной для обработки результатов двухпрофильного контроля.

Предлагается гамма приборов для контроля зубчатых колес модулем до 3,175 мм, диаметром до 203 мм и массой до 13,5 кг с ручной загрузкой деталей. На рисунке 3 представлен прибор модели IPG-150AT.

Возможность записи ИМР позволяет разработать основы идентификации отдельных параметров точности зубчатых колес и характера записи ИМР. Запись ИМР значительно расширяет информационную базу для оценки качества зубчатых колес и позволяет производить целенаправленный отбор зубчатых колес с требуемыми свойствами. В таблице приведены характерный вид линии двухпрофильного контроля и соответствующая элементная погрешность зубчатого колеса [5].

Идентификация погрешностей зубчатых колес и характера записи ИМР

Погрешность измеряемого зубчатого колеса	Вид погрешности	Характер записи ИМР
Погрешность направления зуба		
Погрешность угла исходного контура		
Погрешность толщины зуба		
Погрешность окружного расположения зуба		
Погрешность профиля зуба		

В настоящее время специалистами ОАО «Завод ВИЗАС» совместно с ОИМ НАН Беларуси разработан отечественный контрольно-измерительный станок ВЗ 581 для контроля, измерения и записи параметров ИМР зубчатых колес.

В основу программного обеспечения контроля ИМР при двухпрофильном контроле были положены следующие принципиальные положения:

1) контроль и запись ИМР производится в координатах «линейное перемещение измеряемой шестерни относительно измерительной» – «угловое перемещение измеряемой шестерни относительно измерительной»;

2) контроль и запись ИМР осуществляется для цилиндрических зубчатых колес с выделением точностных параметров по ГОСТ 1643-81:

- колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса $F_{ir}^{//}$,
- колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе $f_{ir}^{//}$,
- верхнее предельное отклонение измерительного расстояния $+E_{a's}^{//}$,
- нижнее предельное отклонение измерительного расстояния $-E_{a'i}$;

3) контроль и запись ИМР производится с привязкой линейного перемещения измеряемой шестерни относительно измерительной к «нулевому» положению, устанавливаемому по расчетному ИМР с помощью настроечных дисков или путем непосредственного ввода значения расчетного ИМР в исходные данные программного обеспечения;

4) контроль и запись ИМР производится с разбивкой углового перемещения измеряемой шестерни относительно измерительной на количество шагов, равных числу зубьев измеряемой шестерни;

5) контроль и запись ИМР производится при нанесении на график записи ИМР верхнего предельного отклонения измерительного расстояния $+E_{a's}^{//}$ и нижнего предельного отклонения измерительного расстояния $-E_{a'i}$;

6) контроль и запись ИМР производится при выполнении измеряемой шестерней не менее 1,5 оборота;

7) в результате контроля и записи ИМР выделяются и приводятся фактические цифровые значения ИМР для измеряемой шестерни:

- колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса $F_{ir}^{//}$,
- колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе $f_{ir}^{//}$,
- верхнее предельное отклонение измерительного расстояния $+E_{a's}^{//}$,
- нижнее предельное отклонение измерительного расстояния $-E_{a'i}$;

8) для обеспечения требуемой точности измерения на станке для контроля ИМР в пределах 6... 9 степеней точности по ГОСТ 1643-81 устанавливается:

- разрешающая точность записи линейного перемещения измеряемой шестерни относительно измерительной в пределах 0,5... 1,0 мкм,
- разрешающая точность записи углового перемещения измеряемой шестерни относительно измерительной в пределах не менее 2500 делений за 1 оборот измеряемой шестерни;

9) контроль и запись ИМР производится с накоплением результатов измерения параметров ИМР не менее чем для 500 измеряемых шестерен;

10) контроль и запись ИМР производится с производительностью, обеспечивающей минимальный уровень помех от динамических процессов в зацеплении измеряемой шестерни относительно измерительной.

В конечном виде результаты двухпрофильного контроля зубчатого колеса на разработанном контрольно-измерительном станке представляются в виде протокола измерений (рис. 4), где представлена запись погрешности двухпрофильного зацепления с выделением основных параметров двухпрофильного контроля.

Для оценки возможностей двухпрофильного контроля были проведены измерения опытных зубчатых колес на измерительной машине «GearSpect do-3 PC» для поэлементного контроля зубчатых колес и на станке ВЗ 581.

В качестве опытных измеряемых шестерен использовались сателлиты бортовой планетарной передачи автомобиля МАЗ 5440 – модуль 4,5 мм, число зубьев 14, точность 7-6-6 Cd по ГОСТ 1643-81.

На рисунке 5 представлен график зависимости погрешности ИМР за оборот $F_{ir}^{//}$ и погрешности направления F_{β} , на рисунке 6 – график зависимости погрешности ИМР за оборот $F_{ir}^{//}$, радиального биения F_r и погрешности профиля, из которых видна достаточно тесная зависимость этих параметров.

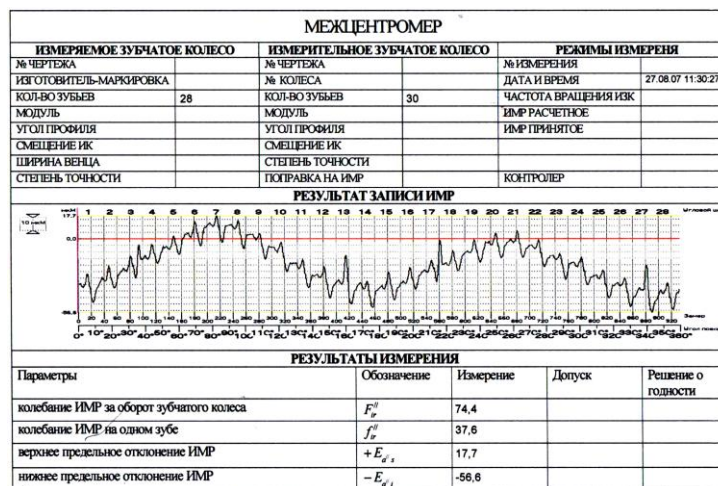
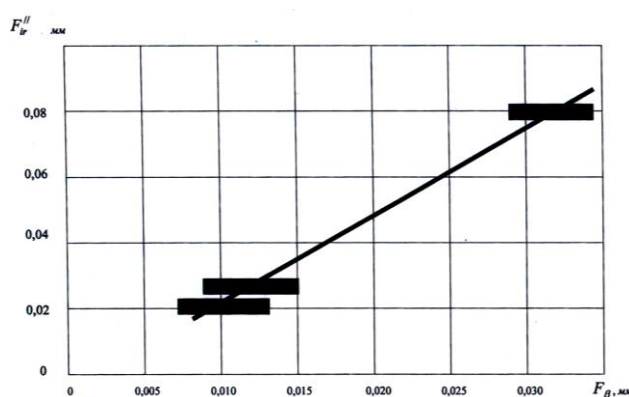
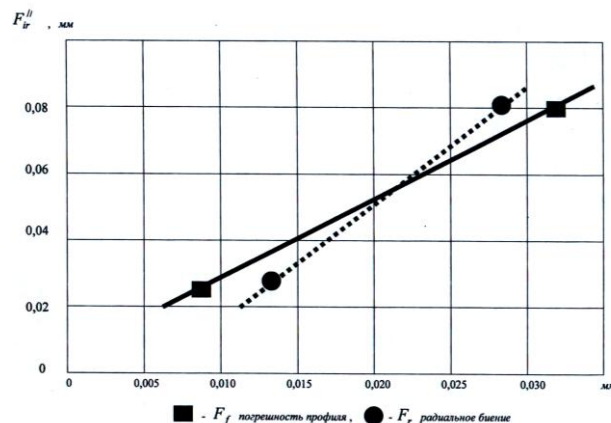


Рис. 4. Протокол двухпрофильного контроля на станке ВЗ 581

Рис. 5. График зависимости погрешности ИМР за оборот F_{ir}'' и погрешности направления F_{β} Рис. 6. График зависимости погрешности ИМР за оборот F_{ir}'' , радиального биения F_r и погрешности профиля f_f

Приведенные на рисунках 5 и 6 зависимости подтверждают возможности использования записи погрешности ИМР для идентификации элементарных погрешностей зубчатых колес.

Выводы. Разработанный отечественный контрольно-измерительный станок и программное обеспечение для двухпрофильного контроля позволяют вести контроль зубчатых колес с записью, обработкой и распечаткой погрешности двухпрофильного контроля на уровне аналогичных зарубежных приборов таких фирм как FRENCO, HOMMELWERKE, Gleason-M&M. Контроль зубчатых колес с записью погрешности позволяют значительно повысить точность и объективность двухпрофильного контроля зубчатых колес, расширить информационную базу для оценки качества зубчатых колес и производить целенаправленный отбор зубчатых колес с требуемыми свойствами. Оснащение записывающего устройства ИМР дополнительными программами позволяют производить статистическую обработку результатов измерения зубчатых колес и находить корреляционные зависимости между параметрами ИМР и такими элементарными погрешностями зубчатого колеса, как погрешность направления зуба, погрешность угла исходного контура, погрешность толщины зуба, погрешность профиля зуба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, А.Л. Измерение зубчатых колес / А.Л. Марков. – Л.: Машиностроение, 1968. – 308 с.
2. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач / В.Е. Антонюк [и др.]; под общ. ред. В.Е. Антонюка. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 766 с.
3. Антонюк, В.Е. Тенденции современного производства зубчатых колес / В.Е. Антонюк // Инженерный журнал. Справочник. Приложение. – 2004. – № 12. – С. 2 – 15.
4. Проспект фирмы Frenco GmbH «Zweiflankenwälzprüfgeräte». – 2005.
5. Проспект фирмы Hommelwerke GmbH // «Zweiflanken-Wälzmeßgerät 8305». – 2002.

Поступила 29.07.2008